

**Univerzita Karlova v Praze**

**Přírodovědecká fakulta**

Studijní program: Geologie

Studijní obor: Hospodaření s přírodními zdroji



**Jan Chupík**

Aralské jezero  
Aral Sea

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: doc. RNDr. Zbyněk Hrkal, CSc.  
Praha, 2017

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu. Zároveň čestně prohlašuji, že se elektronická verze práce plně shoduje s verzí tištěnou.

V Praze, 15. 5. 2017

Podpis:

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěl poděkovat svému školiteli doc. RNDr. Zbyňku Hrkalovi, CSc., za odborné rady, vstřícnost a ochotu, které mi poskytl během psaní mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině, která mi byla velkou oporou při studiu na vysoké škole.

## ABSTRAKT V ČJ

Tato práce se v úvodu zabývá přehledem původních přírodních poměrů Aralského jezera. Pozornost je proto věnována klimatickým poměrům, morfologii, hydrogeologii i využití tamní krajiny. Protože oblast střední Asie byla povětšinu času historicky zaklíněna mezi tři říše, je na místě přiblížit i historicko-politický vývoj regionu. Hlavní těžiště práce pak spočívá v analýze příčin hydrologických změn, kdy má vysychání Aralského jezera katastrofický dopad na ekosystém i lidskou společnost v regionu. Návrat stavu Aralského jezera do situace zhruba před šedesáti lety je bohužel s téměř 100% jistotou nereálný. Přesto byla a i v současné době jsou uskutečňována rozmanitá nápravná opatření, která mají za cíl situaci v rámci možností co nejvíce napravit. Děje se tak i prostřednictvím různých dlouhodobých mezinárodních projektů. V práci je tak dále nastíněna i vize budoucího vývoje regionu v okolí Aralského jezera. Práce se v neposlední řadě zabývá i ve světě existujícími analogickými případy, z nichž asi nejznámější je Mrtvé moře. Práce vyúsťuje v závěr, že alespoň trochu reálnou naději na záchranu má bohužel jen severní část Aralského jezera, kdežto pro jižní část je s největší pravděpodobností navždy ztracena.

## **ABSTRACT IN ENGLISH**

In the introduction of this seminar paper author deals with former natural conditions of Aral lake. It focuses on climatic conditions, morphology, hydrology and local land use situation. Because the region of Central Asia has been historically wedged between the three empires, it is also appropriate to describe closer the historical and political development of the region. The focus of the thesis is to analyze the causes of hydrological changes, when the desertification of Aral Lake has a catastrophic impact on the ecosystem and human society in the region. The return of Aral Lake to the situation sixty years ago is, unfortunately, unrealistic, but various remedial measures are being implemented to improve the situation as much as possible. The goal is to make the most of the situation. This is also done through various international projects. Therefore, the vision of the future development of the region around Aral Lake is outlined. There are also similar cases in the world, most notably the Dead Sea. The work concluded that at least some hope for recovery unfortunately only has the northern part of Aral's lake, while the southern part is probably lost forever.

## Obsah

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1   | Úvod a cíl práce .....  | 7  |
| 2   | Přehled původních přírodních poměrů Aralského jezera .....                        | 9  |
| 2.1 | Klimatické poměry .....   | 9  |
| 2.2 | Morfologie .....  | 9  |
| 2.3 | Hydrologie .....  | 9  |
| 2.4 | Hydrogeologie .....   | 11 |
| 2.5 | Využití krajiny .....   | 12 |
| 3   | Historicko-politický vývoj regionu .....  | 14 |
| 4   | Analýza příčin hydrologických změn .....  | 17 |
| 5   | Přehled dopadů vysychání Aralského jezera na ekosystém a lidskou společnost ..... | 19 |
| 6   | Přehled realizovaných nápravných opatření .....                                   | 21 |
| 7   | Vize budoucího vývoje regionu v okolí Aralského jezera .....                      | 22 |
| 8   | Analogické případy ve světě .....   | 23 |
|     | Závěr .....   | 24 |
|     | Použitá literatura .....  | 25 |

# 1 Úvod a cíl práce

Aralské jezero je z geografického hlediska součástí Turanské nížiny. Jedná se o proláklinu mezi Kaspickým mořem, Čínskou pánví a Sibiří. Vznik jezera je datován do doby před zhruba deseti tisíci lety do holocénu. V té době byla jeho rozloha největší. Velikost plochy jezera se v průběhu historie proměňovala v závislosti jednak na změnách klimatických podmínek a současně také na hydrologicky významných řekách Amudarja a Syrdarja, jejichž koryta přiváděla vodu z okolních hor. Řeky se širokými deltami se vlévaly do jezera a přinášely s sebou rozsáhlé nánosy sedimentu, na nichž se tak mohla udržet specifická fauna a flóra. Zhruba od šedesátých let minulého století se velikost jezera výrazně proměňuje. Děje se tak především díky zásahům ruky člověka. Lidská ruka dokázala v případě Aralského jezera ovlivnit lokální vztahy v přírodě s globálními důsledky. Zásahem člověka došlo ke vzniku jevů, které jsou souhrnně nazývány jako Aralský syndrom. V bývalém Sovětském svazu vedly nevhodné metody dlouhodobého plánování ke změnám v krajině, které nemají ve světě obdoby, jelikož došlo k antropogennímu poškození krajiny. Důsledkem byla a je ekologická pohroma. Cílem projektu bylo získat nové zdroje vody pro zavlažování a pro výrobu elektrické energie. Zásah byl prezentací neomezené moci politického systému, který chtěl „poručit větru a dešti“, aniž by respektoval přírodu. Aralské jezero je příkladem špatného centrálního plánování a bezohledného zásahu člověka do přírody gigantickým zavodňovacím projektem s celosvětovým dopadem. Velikost zásahů ohrozila faunu, flóru i existenci člověka. Následky jsou povětšinou bohužel nevratné (Léttole, Mainguet, 1996).

V otázce možné rekultivace oblasti Aralského jezera jsou západní prognostici spíše skeptičtí, východní prognostici pak poměrně optimističtí, někteří dokonce až utopističtí. Toto území Asie bude potřebovat mezinárodní pomoc přírodovědců, humanitárních a rozvojových pracovníků. Je možné, že Aralský syndrom se stane funkčním vzorem k řešení obdobných problémů na dalších místech světa.

Cílem práce je poukázat na špatné či nedokonalé pochopené souvislosti ekosystému, kdy právě na příkladu Aralského jezera je možné poukázat na příčiny vedoucí k ekologické degeneraci krajiny a klimatickému kolapsu. Na základě nevhodného projektu došlo k budování zavodňovacích zařízení, přehrad a kanálů, jež způsobily rozsáhlou přeměnu krajiny. V tomto případě se však nejednalo pouze o primární devastaci krajiny, ale následně se projevila i sekundární rizika, která mají dopad na obyvatelstvo a nesou s sebou sociální i zdravotní následky, např. s možností vzniku etnických střetů a migračních tendencí, vedoucích dokonce k internacionálním konfliktům. Celý zásah zavinil destabilizaci oblasti velkého rozsahu.

Druhým cílem práce je na základě studia dostupných zdrojů vyvrátit nebo potvrdit hypotézu že: „*Aralské jezero má naději na záchranu, avšak jen s vynaložením obrovského množství úsilí a finančních prostředků.*“ Bude nutné zvážit, jaké má krajina reálné vyhlídky a jaká je její skutečná perspektiva na záchranu.

Metodou zpracování, která je v práci použita je analýza dostupných zdrojů a statistických materiálů a geograficko-politicko-společenských publikací.



## **2 Přehled původních přírodních poměrů Aralského jezera**

### **2.1 Klimatické poměry**

Oblast Aralského jezera se vyznačuje drsným pouštním kontinentálním podnebím, které je charakterizováno vysokými rozdíly denních teplot, chladnými zimami, horkými léty a nízkým počtem nepravidelných srážek (Britannica ACADEMIC, 2017).

Průměrné měsíční teploty vzduchu se pohybují přibližně v rozmezí - 12°C až 27°C (World Climate, 2017), přičemž v suchém letním období může teplota vzduchu vyšplhat až ke čtyřicítce. V zimním období je území pod vlivem studeného vzduchu ze Sibiře, a proto průměrná lednová teplota se pohybuje mezi -5 až - 10°C (Geografické rozhledy, 2016). Celkové srážky dosahují pouze přibližně 120 mm/rok (World Climate, 2017).

### **2.2 Morfologie**

Povodí Aralského jezera se skládá ze dvou hlavních zón: Turanské roviny a horské oblasti. Zóna Kara Kum pokrývá západní a severozápadní části povodí v Turanské pláni a pouště Kyzyl Kum. Východní a jihovýchodní část se nachází ve vysokých horách Tien Shan a Pamir. Zbývající část povodí je složena z různých druhů aluviálních a mezi-horských údolí a suché a polosuché stepi (Dukhovny, Sokolov, 2017).

### **2.3 Hydrologie**

Aralské jezero je bezodtoké slané jezero, které je zásobováno vodou ze dvou hlavních středoasijských řek: Amu-Darya a Syr-Darya. V roce 1960 zabíralo Aralského jezero plochu o rozloze 68 320 km<sup>2</sup> a tehdy se Aralské jezero se svou velikostí řadilo na 4. místo na světě.

Hladina byla ve výšce 53 metrů nad mořem. Jezero bylo dlouhé od severu k jihu 435 km a široké od východu na západ 290 km. Přestože průměrná hloubka byla poměrně mělká (16m), klesala od západního pobřeží až na nejvyšší naměřenou hloubku 69 m. Nepravidelné a nízko položené východní břehy byly na severu přerušeny obrovskou deltou řeky Syr-Darya a na jihu ohraničeny širokým povrchem mělké vody. Stejně rozsáhlá delta řeky Amu-Darya ležela na jižním břehu jezera (Encyclopedia Britannica, 2017).

Amu-Darya je nejdůležitější řeka v povodí Aralského jezera. Pochází z ledovců a sněhových polí Pamírských hor v Tádžikistánu, Kyrkystánu a Afghánistánu. Její povodí má plochu 465 000 km<sup>2</sup> (Lvovich 1971, Table 2, p.31). Řeka pramení v horách a pokračuje přes poušť Kara-Kum až do Aralského jezera. Během této cesty řeka a její přítoky protnou hranice celkem čtyř států: Tadžikistán, Afghánistán, Turkmenistán a Uzbekistán (Obr. 1). Průměrný roční průtok řeky Amu-Darya je 73 km<sup>3</sup>. To zahrnuje nejen řeku Amu-Darya, ale i řeky Zeravshan, Murgab, Tedžen a Kashkadarya, které mizí v pouštích, protože tyto menší řeky kvůli velkému odpařování ztrácejí veškerou svou vodu (Micklin a kol., 2014, str.17-18).

Syr-Darya odtéká z pohoří Tian Shan, které se nachází severně od Pamir. Voda také pochází z ledovců a sněhových polí. Povodí pokrývá 462 000 km<sup>2</sup>. S délkou 3 078 km je Syr-Darya delší řekou než Amu-Darya. Řeka a její hlavní přítoky Naryn a Karadarya odtéká z Kyrgyzstánu do Uzbekistánu, pak přes úzký pruh Tádžikistánu, poté zpátky do Uzbekistánu a nakonec přes Kazachstán doteče až do Aralského jezera. Průměrný roční průtok řeky Syr-Darya je 37 km<sup>3</sup> (Micklin a kol., 2014, str. 18).



Obr. 1. Povodí Aralského jezera (Annual Reviews, 2006, str. 48).

## 2.4 Hydrogeologie

V povodí Aralského jezera jsou zaznamenány tři hlavní hydrogeologické úrovně:

- střední jurská - svrchní křídová ( třetí spodní patro)
- paleogénní – spodní pliocénní (2, mezipatro)
- svrchní pliocénní – kvartérní (horní patro)

(Submarine Groundwater, 2007, str. 289).

Střední jurská - svrchní křídová úroveň, zejména křídová část, je rozptýlena po celé oblasti a má největší mocnost. Zvodnělý systém usazenin z období křídý se skládá ze tří hlavních zvodní: Senon-Turonská, Alb-Cenomanská a Apt-Neokomská (Submarine Groundwater, 2007, str. 289).

Celková mocnost Kulandinsko-Nizhneamudarinského systému je 1.2–1.8 km v západní části a 1.6–2 km ve východní části. Celková mocnost zvodnělých písků a pískovců v uzavřeném komplexu je 400-500 m na západě, 100-300 m na severu a východě a 200-300 m na jihu. Koeficient filtrace je 1-6 m /den (Submarine Groundwater, 2007, str. 289).

Napjatá hladina podzemní vody v horizontu křídových usazenin je odhadována v hloubkách 200-400 m ve východní části povodí a v zóně Kulandinsko-Nizhneamudarinského systému, na jihovýchodě a centrální části povodí v hloubkách 400-700 m a na západě v 600-1000 m. Mineralizace podzemních vod křídových usazenin se mění z 2-5 g / l na východě od povodí Aralského jezera na 25-30 g / l severně od povodí. Na jihu a západě je mineralizace podzemních vod křídových usazenin 100-150 g / l a více. Nadložní paleogene-neogénní horniny jsou převážně slínovo-jílovitá o mocnosti až 1100 m na západě jezera (hluboká část) a 500 m na východě (mělká část). Podzemní vrstva horních kvartérních aluviálních usazenin je rozmístěna v deltách řek Amu-Darya a Syr-Darya a je zastoupena náplavovými a říčními prachovci a písky o mocnosti 50-70 m. Mineralizace horních kvartérních aluviálních usazenin je rozmanitá a pohybuje se v rozmezí od 1 do 50 g / l a více (Submarine Groundwater, 2007, str. 289).

Odtok podzemní vody směrem do Aralského jezera je nejvíce intenzivní v oblastech, kde se nacházejí pliocén-kvartérní aluviální sedimenty (deltý řek Amudariya a Syrdariya) a eolitické horniny. V těchto oblastech je nejvyšší hodnota transmisivity ( $100-120 \text{ m}^2 / \text{den}$ ). (Veselov and Panichkin 2004; Groundwater and Salt Discharge into the Aral Sea 1983) Podle údajů z roku 1960 oteklo do povodí Aralského jezera 137,2 mil.  $\text{m}^3$  podzemní vody za rok ( $4,53 \text{ m}^3/\text{sec}$ ) a 1,05 mil. tun iontů podzemní vody s mineralizací 8,4 g/ l (Submarine Groundwater, 2007, str. 293).



různých forem půdy, od formy počáteční, až po vyzrálé či degenerované (Léttolė, Mainguet, 1996, str. 164).

Krajina v oblasti Aralského jezera v minulosti patřila ke světově nejvýznamnějším producentům bavlny. Původně byla v krajině střídavě pěstována zelenina a obilniny. Díky tomu, že se plodiny střídaly, docházelo k šetření půdních rezerv a produktivita půdy tak byla udržována na průměrné úrovni. Jezero rovněž nabízelo možnost obživy z rybolovu. Bavlna však byla na prvním místě a tvořila jeden z hlavních artiklů sovětského exportu (Léttolė, Mainguet, 1996, str. 268).

### 3 Historicko-politický vývoj regionu

Oblast střední Asie byla z historického pohledu zaklíněna mezi tři kontinuální říše: perskou na západě, čínskou na východě a indickou na jihu, která byla přeci jenom vzdálenější kvůli oddělení horami. Ve středověku oblast představovala významnou obchodní tepnu – tzv. Hedvábnou stezku. Z hlediska etniky a kultury byla střední Asie různorodou mozaikou. Převládal zde sunnitský islám a žily zde skupiny turkických národů: Kazachů, Uzbeků, Kyrgyzů vedle íránských Tádžiků a dalších. Politicky zde do poloviny 19. Století existovali tři státní útvary: chanáty Kokand a Buchara a emirát Chiva, které se rozkládaly zeměpisně zhruba na území dnešního Uzbekistánu, Kyrgyzstánu a Kazachstánu. V letech 1865-1876 Rusko likviduje Kokandský chanát a ustanovuje protektoráty nad Bucharským emirátem a Chivským chanátem a dovršilo kontrolu nad rozsáhlou kazašskou stepí (Obtýdeník živé literatury, 2015).

V polovině 19. století bylo Rusko závislé na dovozu bavlny, převážně ze Spojených států. (Joffe, 1995). Americká občanská válka (1861-1865) významně narušila americké dodávky bavlny a donutila carské Rusko, aby tuto velmi potřebnou surovinu hledalo jinde. Středoasijská území skýtala v tomto ohledu velký potenciál vzhledem k dlouhému vegetačnímu období v regionu a zdánlivě dostatečné zásobě vody z velkých řek Syr-Darya a Amu-Darya. Rusové si však uvědomovali, že pro úspěšné a rozsáhlé sklizně a vyšší kvality bavlny bude potřeba dramatického zvýšení zavlažované plochy.

V roce 1870 byla do regionu zavedena odrůda americké bavlny a také zavlažovaná kultivace a produkce se od této doby dramaticky zvýšila až do ruských revolucí roku 1917 (Journal of Eurasian Studies 2013, str. 21).

Za vlády Stalina v roce 1929 začala snaha o kolektivizaci zemědělské půdy, pastvin, hospodářských zvířat a ve skutečnosti všech přírodních zdrojů. Toto závažné rozložení přirozené rovnováhy mezi člověkem a životním prostředím mělo v Kazachstánu obzvláště katastrofální následky. Na protest proti zabavení stád a pastvin zemřeli kazašští kočovníci zabitím hospodářských zvířat. Mezi roky 1928 a 1934 strávily ztráty hospodářských zvířat v republice více než 70% skotu, téměř 90% ovcí a více než 80% koní. Výsledný odvetný masakr, rozsáhlý hladomor a násilná migrace způsobily v Kazachstánu pokles o nejméně 1,2 milionu domorodých obyvatel (Journal of Eurasian Studies, 2013, str. 22).

V padesátých letech 20. století znamenal pro SSSR obrat v ekonomické oblasti. Po ukončení Stalinovy éry, zahájil Sovětský svaz pod vedením Nikyty Chuščova nový ambiciózní zemědělský projekt ve střední Asii. Pětiletý plán rozšíření pěstování bavlny v povodí Aralského jezera byl projednán a schválen ve snaze o dosažení samostatnosti v tomto odvětví.

Rovněž měl za cíl stát se největším výrobcem bavlny na světě, větším než USA (International Journal of Environmental Quality, 2009, str.27).

Oficiální důvody této iniciace byly zemědělsko-ekonomické, ale za touto operací byly i propagandistické důvody v rámci studené války: SSSR mělo v úmyslu prokázat nadřazenost socialistů ve srovnání s kapitalisty. Navíc je gigantismus tohoto programu spojen s politikami životního prostředí Sovětského svazu založenými na konceptu pouhého využívání přírodních zdrojů, považovaných za prakticky nevyčerpatelné a bez vnitřních hodnot paradoxně podobných teoriím současných kapitalistických neoklasicistických ekonomů. Následně tak byla větší část Uzbekystánu a část jižního Kazachstánu (republiky, které byly součástí SSSR) přeměněna na bavlněnou monokulturu, kterou řídily vytvořené státní zemědělské sdružení a hospodářství Kolkhozy a Sovkhozy (Kolkhoz byl menší a docela podobný družstevním podnikům; Sovkhoz byly vládní společnosti, rozšířené v řádu tisíců hektarů, hierarchicky spravované sovětskými agronomy) (International Journal of Environmental Quality, 2009, str.27).

Rozhodnutí o soustředění produkce bavlny ve Střední Asii mohlo být původně považováno za velký úspěch. V době vypuknutí první světové války (1914) byl region hlavním dodavatelem bavlny, což umožnilo Rusku stát se světovým lídrem v oblasti výroby bavlny (Journal of Eurasian Studies, 2013, str. 21).

Nová bavlněná pole byla zavlažována díky nesčetným zavlažovacím kanálům, odklánějícím velké množství vody z řek Amu-Darya a Syr-Darya. Bavlněná výroba sovětské Střední Asie rostla, ale nikdy nepřekročila tu americkou. Bohužel tento projekt měl hrozivý dopad na životní prostředí obecně a zejména pak na hydrologickou rovnováhu. Počínaje 60. léty 20. století, jedno desetiletí po začátku nového agrárního přístupu Kruščeva ve Střední Asii, se projevil první důsledek tohoto programu. Díky odkloněnému přítoku vody z jeho přítoků, Aralské jezero začalo rychlou regresi, protože přítok řek Amu-Darya a Syr-Darya nemohl vyrovnat masivní odpařování. Toto zmenšování sovětské technici neskrývali a definovali je jako "nezbytnou oběť" pro růst národa (International Journal of Environmental Quality, 2009, str.28).

S rozpadem SSSR se společensko-ekonomická a ekologická krize v oblasti Aralského moře stala dědictvím nových nezávislých států střední Asie. Během prvních desetiletí nezávislosti se ekologické obavy v regionu opíraly o tržně orientovanou ekonomickou restrukturalizaci, hospodářský rozvoj a budování a udržování politické identity státu. Zbývající část Aralského moře se nacházela v pohraničí mezi Kazachstánem a Uzbekistánem. Odtokové kotliny řeky Syr-Darya a Amu-Darya byly dále sdíleny mezi Kyrgyzstánem, Tádžikistánem a Turkmenistánem. Vzhledem k tomu, že plány na odklon vody a bavlněné

kvóty již nepocházely z Moskvy, každý nový stát mohl volně využívat zdroje v rámci svých hranic takovým způsobem, jakým uznal za vhodné. Spory a konfliktní situace již nemohly být delegovány do Moskvy, ale nyní nově spadaly do oblasti zahraniční politiky a mezinárodních vztahů nově vzniklých nezávislých států. Konkurenční zájmy by se tudíž mohly vyústit v potenciální konflikt mezi předcházejícími státy (Kyrgyzstan a Tádžikistán), které chtěly využívat jezero jako vodní elektrárnu a ostatními státy (Kazachstán, Uzbekistán, Turkmenistán), které jsou závislé na zavlažování (Journal of Eurasian Studies, 2013, str. 22-23).

Nové nezávislé státy Střední Asie si naštěstí uvědomily potřebu spolupráce k řízení využívání vod podél řek Amu-Darya a Syr-Darya a setkaly se do jednoho měsíce od sovětského kolapsu a dohodly se na vytvoření nadnárodního orgánu pro řízení využívání vody. Výsledná mezistátní komise pro koordinaci vody (ICWC), ratifikovaná v roce 1993, usilovala o spolupráci při řízení vodních zdrojů v regionu. Přestože v průběhu prvního desetiletí vzniklá komise sklízela úspěch při řešení přímých konfliktů, měla svůj podíl i na sporech, a to zejména mezi státem, který se nachází v horním toku řeky Syr-Daryi (Kyrgyzstánem) a dvěma státy v dolním toku (Uzbekistánem a Kazachstánem), a také spor mezi státy dolního toku řeky Amu-Daryi Uzbekistánem a Turkmenistánem. V prvním případě se jednalo o spory v případě úniku vody v Kyrgyzstánu na jeho ohromné Toktogulské nádrži na řece Naryn, v druhém případě vznikl spor o množství vody odkloněné z Amu-Daryi kanálem Kara Kum v Turkmenistánu (Journal of Eurasian Studies, 2013, str. 23).

Pád Sovětského svazu přilákal rozsáhlou mezinárodní podporu a mimoregionální iniciativy, které se zabývají nepříznivým stavem v oblasti Aralského jezera. Na počátku devadesátých let se například Světová banka pustila do programu ASBP (Aral Sea Basin Program) s jasnými cíli stabilizace přírodního prostředí v této oblasti, zlepšení bezprostředního katastrofálního území kolem Aralského jezera, posílení mezistátního vodního hospodářství a regionální podpor v uskutečnění programu (Journal of Eurasian Studies, 2013, str. 23).



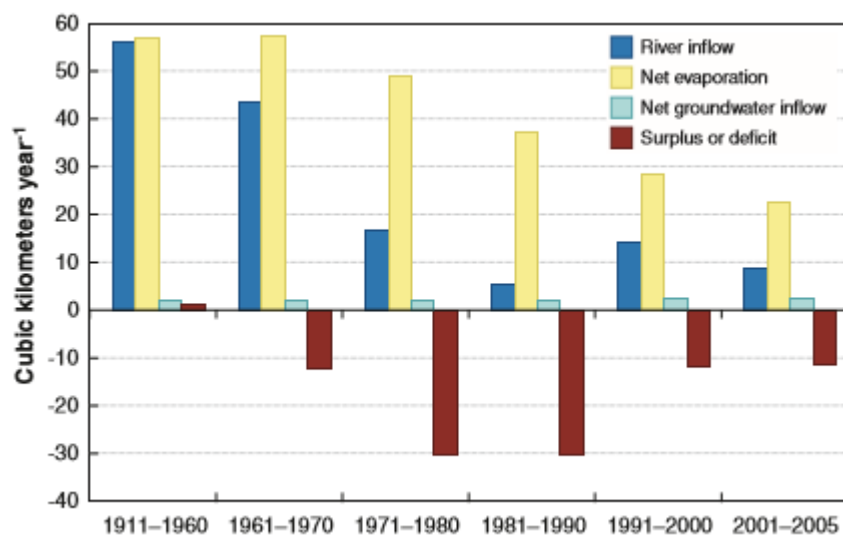
## 4 Analýza příčin hydrologických změn

Od roku 1960 začalo docházet k zaznamenávání porušení vodorovnováhy v Aralském jezeře a situace se začala výrazně měnit. Zatímco do roku 1960 rovnováha mezi odpařováním vody z jezera a přítokem, způsobeným jarním táním, byly v rovnováze, od této doby se začala situace radikálně měnit. V dřívějších dobách čtvrtému největšímu sladkovodnímu jezeru na světě hrozí, že v důsledku špatných rozhodnutí a necitlivých zásahů lidské ruky, dojde k jeho vymazání ze světových map. Odkloněním a nadměrným odčerpáváním hlavních přítokových řek jezera došlo k nastartování problému nebývalých rozměrů (Barth, 2006).

Nadrozměrné odčerpávání vody z toků obou řek, které po mnoho let fungovaly jako hlavní zásobárna vody pro Aralské jezero, zapříčinilo výrazný pokles hladiny a snížení objemu vody v jezeře. Což v konečném důsledku také znamenalo ekologickou katastrofu pro okolní krajinu. Množství zavodňovacích kanálů se změnilo z původních 3 000 na 203 000 uměle vytvořených kanálů. Došlo k redukci delt řek a bažin a jejich postupnému vysychání (Léttol, Mainguet, 1996, str. 220).

Zvětšení zavlažovací plochy z přibližně 5 milionů až na 7,9 milionů hektarů mezi lety 1965 a 2000 výrazně snížil přítok vody do Aralského jezera, neboť výstavbou obrovských zavlažovacích systémů do pouští byly původní kompenzační faktory v podstatě vynulovány. Mnohem větší podíl vody odebrané z řek Amu-Darya a Syr-Darya se totiž ztratil vypařováním. Nenavracel se už zpět do řek, jak tomu bylo dříve, kdy bylo zavlažování soustředěno především v deltách a pobřeží těchto přítokových řek (Aral sea disaster str. 50 – 51).

V šedesátých letech se rovnal přítok z řek do jezera průměrně  $43 \text{ km}^3$  /rok a z podzemní vody  $2,5 \text{ km}^3$  /rok. Naproti tomu se odpařování rovnalo asi  $57 \text{ km}^3$  /rok, což nám dává roční deficit vody kolem  $12 \text{ km}^3$ . Rozdíl mezi přítokem řeky a čistým odpařováním byl zvláště výrazný v letech 1970-1980 s deficiencí vodní bilance pro obě období nad  $30 \text{ km}^3$  ročně (Obr. 3). ásledkem toho během těchto dvou desetiletí klesla hladina Aralského jezera velmi rychle. Řeka Syr-Darya údajně v letech 1974-1986 neposkytovala Aralskému jezeru žádný přítok vody a řeka Amu-Darya jen minimální v letech 1982-1983, 1985-1986 a 1989. (Izrayel 'a Anokhin 1991) To vyústilo v konečné rozdělení Aralské jezera v průběhu let 1987-89 na dva vodní útvary: "malé" Aralské jezero na severu a "velké" Aralské jezero na jihu přičemž řeka Syr-Darya teče do jednoho a Amu-Darya do druhého (Aral sea disaster str. 51 – 52).



Obr. 3. Vodní bilance Aralského jezera za jednotlivá období. Modrá - přítok řekami, žlutá - evaporace, zelená - přítok podzemní vody, červená – přebytek / deficit (Annual Reviews, 2006, str. 49).

## 5 Přehled dopadů vysychání Aralského jezera na ekosystém a lidskou společnost

Necitlivé zásahy člověka způsobily v oblasti Aralského jezera následky nebývalých rozměrů. Jednak došlo k ovlivnění ekologicko-hospodářských, ale také klimatických poměrů v krajině. Zásah do vodních zdrojů s následným přesolením půdy způsobil narušení a v některých částech až zborcení ekosystému. Nepřiměřenými a neuváženými zásahy, které byly centrálně řízené, došlo k degeneraci krajiny a k negativnímu ovlivnění přírody, nejen s lokálními, ale i mezinárodními dopady. Přičemž velká část důsledků je již nezvratná (Léttol, Mainguet, 1996, str. 268).

Mezi důsledky je třeba počítat i zásahy do života lokální fauny a flory. Od roku 1960 došlo k obecnému kvantitativnímu úbytku planktonu, ale zároveň docházelo i k jeho kvalitativním změnám. Postupně ubývají sladkovodní ráčci, ameboidní živočichové, ale také třeba vodní vši. Biomasa na dně jezera se z 90 % skládala z rostlin, jezerní trávy a řas. Řasy se do jezera dostaly v Quarteru ze Středomoří, kdy bylo Aralské jezero propojeno s mořem. (Léttol, Mainguet, 1996, str. 279) Pokles objemu vody a rostoucí salinita způsobují ztrátu života v jezeře. Původně zde žilo 32 druhů ryb, dnes jich tu žije pouze druhů šest (Vlčková, 2008).

Zánik jezerní fauny a flory je také spojen se zaváděním nových druhů ryb, k čemuž došlo za účelem zvýšení výnosu z těžby rybolovu. V dnešní době již převážná většina rybářů přišla o práci, neboť dochází k postupnému vymírání ryb. Nové druhy vysazených ryb ve velkém rozsahu spásaly biomasu na dně jezera a masožravé ryby se živily larvami a hmyzem. Rostoucí salinita ovlivnila celý jezerní ekosystém. Zvýšila se hladina dusičnanů a fosforu. Jezerní voda se začala stále více přibližovat vodě mořské. Dochází k poklesu kyslíku za současného růstu živin, což je průvodním jevem rozpadu ekosystému (Léttol, Mainguet, 1996).

Na dně jezera se nehromadí jen soli, ale také hnojiva a pesticidy a jiné chemikálie, které sem po celá desetiletí přinášely řeky z povodí. Vítr roznese za rok po centrální Asii okolo 74 tun toxického prachu, který pochází z vyschlých břehů Aralského jezera. Prach spolu s dalšími látkami způsobuje kromě nedostatku pitné vody, celou řadu dalších problémů, zejména se podílí na zhoršujícím se zdravotním stavu obyvatel žijících v této oblasti (Píšková, 2011).

Zhroucení rybolovu znamenalo útlum konzervářského průmyslu, rovněž byla zastavena výroba lodí, což se výrazně promítlo do lokální nezaměstnanosti (Léttol, Mainguet, 1996).

Obecně můžeme říci, že v dané oblasti roste chudoba, která je dále doprovázena růstem kriminality, nejméně polovina populace strádá hladem. Podle tisku znamenají změny v Aralské pánvi největší environmentální katastrofu, která je doprovázena změnami v klimatu v celé Turanské nížině (EWA, 2007; Micklin, Aladin, 2010).

V oblasti Aralského jezera dochází k častým konfliktům mezi dotčenými státy, jejich podstatou je voda. Neodborné, ne hospodárné a neuvážené hospodaření s vodou způsobilo v hospodaření s ní doslova katastrofu (WGBU, 2006).

Následky, k nimž dochází v důsledku vysychání Aralského jezera je možné na základě výše uvedeného shrnout do níže uvedených hlavních bodů:

- nastává hrozivý pokles vody, která zásobuje Aralské jezero
- nastala destabilizace oblasti Aralského jezera
- nastává sociální nestabilita
- došlo ke zhoršení stavu vody a tím se také snížila možnost jejího využití jednak pro lidskou spotřebu a jednak v zemědělství
- došlo ke změnám v místním klimatu
- dochází k politickým konfliktům o vodu

## 6 Přehled realizovaných nápravných opatření

Návrat Aralského jezera do stavu z šedesátých let minulého století je nereálný. V úvahu by připadalo pouze okamžité přerušení zavlažování, díky kterému se odčerpává 92 % přítokové vody. Přestože státy, které jsou hlavními odběrateli vody, nehodlají odběr zastavit, rozhodl se Kazachstán alespoň k částečné obnově Severního Aralu. Na počátku 90. let minulého století vybudoval hliněnou hráz, která měla zabránit odtoku vody na jih, kde docházelo k jejímu zbytečnému odpařování. Hráz se však bohužel v roce 1999 protrhla. Zjištění, že je možné dosáhnout zvýšení hladiny vody a snížení obsahu soli inspirovalo Kazachstán spolu se Světovou bankou k financování stavby v hodnotě 85 milionů dolarů – hráze Kok-Aral dlouhou 13km. Jednalo se o daleko mohutnější hliněnou hráz včetně betonové přehrady se stavidly pro odpouštění vody. Stavba byla dokončena v roce 2005. Silný přítok z řeky Syr-Darya ze zimního tání nastartoval obnovu Malého Aralu. Za osm měsíců se zvedla hladina vody ze 40 na 42 metrů, došlo ke zvětšení rozlohy o 18% a klesala koncentrace soli, která v roce 2010 zaznamenala pokles z 20 na 10g/l. Došlo k postupné obnově rybolovu ceněných písků a kaprů (Micklin, Aladin, 2010).

Mimo výše uvedeného projektu existuje také řada různých mezinárodních projektů, které se zabývají problematikou Aralského jezera. K těmto projektům například patří projekt nazvaný Vegetation, který se věnuje studiu dynamiky ekosystémů v této oblasti s využitím metod geografických informačních systémů nebo také projekt, který je financován z prostředků NATO, který řeší zlepšení využívání půdy a vodních zdrojů v oblasti delty řeky Amu Darja, aby její vody nebyly využívány výhradně pro zavlažování, ale také pro pozvednutí hladiny Severního Aralu (Dobrovolný, 2002).

Pokud jde o záchranu jižní části Aralského jezera, můžeme bohužel konstatovat, že ta je pravděpodobně v nedohlednu. Uzbecká vláda se v současnosti zaměřila především na možnost využití ložisek ropy, o nichž předpokládají, že se na dně vyschlého jezera mohou nacházet. Mimo to má dále v úmyslu spíše rozšiřovat než redukovat zavlažovací systémy, aby zvýšila zisky z prodeje bavlny a zajistila tak obživu pro rostoucí počet obyvatel (Eyem, 2012).

## **7 Vize budoucího vývoje regionu v okolí Aralského jezera**

Obnovení rozlohy Aralského jezera do původního stavu by obnášelo investice ve výši mnoha miliard euro, čímž se dosažení tohoto cíle stává v současné době více méně nereálným. S pozitivními výhledy se nedá počítat ani ve středně dobém horizontu. Navíc bohužel ani nestabilní politická situace v oblasti neposkytuje příliš dobré předpoklady k tak rozsáhlým investicím. To je důvodem, proč Léttolė s Mainguetem vidí možnosti, které se nabízejí pro záchranu Aralského jezera, více méně v utopisticko-hypotetické rovině. Mezi návrhy na záchranu jezera patří např. tyto řešení:

- svádět vody z Pamíru
- obrátit sibiřské řeky směrem do Aralského jezera
- vybudovat kanál, který by spojoval Kaspické moře a Aralské jezero
- obrátit tok Volhy a vést ho přes Ural
- přečerpávat vodu z jezera Issylkul v Kirgizstánu apod. (Léttolė, Mainguet, 1996).

## 8 Analogické případy ve světě

Jako nejvýznamější z obdobných světových případů je na místě zmínit problematiku vysychání Mrtvého moře. Z geografického hlediska se východní pobřeží nachází v Jordánsku a jižní polovina jeho západního pobřeží patří do Izraele. Severní polovina západního pobřeží se nachází na palestinském území, které je od doby arabsko - izraelské války v roce 1967 pod izraelskou okupací (Environmental Systems and Societies, 2014).

Až do padesátých let se přítok vody rovnal rychlosti odpařování a hladina vody v Mrtvém moři zůstávala stabilní. V šedesátých letech vybudoval Izrael obrovskou čerpací stanici na březích Galilejského moře, odvádějící vodu z řeky Jordán - hlavního přítoku Mrtvého moře. K dalšímu zhoršení situace došlo v 70. letech, kdy Jordánsko a Sýrie začaly odvádět vodu z řeky Yarmouk, která je hlavním přítokem Jordánu. Od té doby se hladina Mrtvého moře dramaticky snižuje. Moře potřebuje přibližně 160 miliard galonů vody ročně, aby si udrželo svou současnou velikost, z toho však přítoky v současné době dodávají jen zhruba asi 10 procent. Délka Mrtvého moře se z původních 50 kilometrů v roce 1950 zmenšila na pouhých 30 km. Hladina vody klesá v průměru o tři stopy za rok (Smithsonian Magazine, 2005).

Slaná voda v Mrtvém moři se smršťuje tak rychle, že jižní část je již téměř vysušena. Podle organizace Friends of the Earth bude moře do roku 2050 jen o něco větší než rybník o velikosti dvou fotbalových hřišť (Environmental Systems and Societies, 2014).

Hlavní příčinou vysychání je odběr více než 98% vody z řeky Jordán převážně pro zemědělské využití Izraelem, Sýrií a Jordánskem. Rovněž je na vině komerční a průmyslová těžba z moře, která čerpá vodu do odpařovacích nádrží, z kterých se poté těží např. brom, hořčík a sůl. Minerální těžba je v regionu ekonomicky významná. Celosvětový prodej izraelské firmy Ahava Dead Sea Laboratories, která vyrábí kosmetické výrobky z Mrtvého moře, je zhruba za 100 milionů liber ročně (Environmental Systems and Societies, 2014).

Jako pokus o nápravu plánuje Světová banka společně s místními vládami vytvořit kanál, který propojí Rudé moře s Mrtvým mořem. Projekt zahrnuje řadu studií včetně reálné proveditelnosti, environmentálního a sociálního posouzení s cílem vytvořit trojstrannou dohodu mezi Palestinou, Jordánskem a Izraelem. Kanál má ročně dodávat 2 miliardy m<sup>3</sup> mořské vody z Akabského zálivu přes jordánské území až do Mrtvého moře. V plánu je také vybudovat na toku mezi Rudým mořem a Mrtvým mořem vodní elektrárnu, která má napájet odsolovací zařízení, poskytující až 850 milionů m<sup>3</sup> sladké vody do vyprahlé oblasti. Tento projekt má podle odhadů stát až 10 miliard amerických dolarů (Blogs of the European Geosciences Union, 2002).

## Závěr

Cílem práce bylo poukázat na špatné či nedokonale pochopené souvislosti ekosystému na příkladu Aralského jezera, které vedly k ekologické degeneraci krajiny a klimatickému kolapsu. Na základě nevhodného projektu došlo k masivnímu budování zavodňovacích zařízení, přehrad, kanálů a tímto zásahem do toku řek došlo k rozsáhlé a zřejmě nezvratné přeměně krajiny.

Druhým cílem práce bylo na základě studia dostupných zdrojů vyvrátit nebo potvrdit hypotézu že: „*Aralské jezero má naději na záchranu, avšak jen s vynaložením obrovského množství úsilí a finančních prostředků.*“

Metody zpracování, kterých bylo pro dosažení stanovených cílů použito, byly především studium dostupných zdrojů a následná analýza dostupných materiálů a geograficko-politicko-společenských publikací.

Na základě studia a následně provedené analýzy odborných článků, dokumentů a publikací, je možné výše uvedenou hypotézu potvrdit jen zčásti. Naději na záchranu má v dnešní době a za současného stavu pravděpodobně jen severní část Aralského jezera, zatímco naděje na záchranu jižní části jezera je spíše v rovině utopie. Z pohledu hydrologie je záchrana původní podoby jezera s funkčním ekosystémem v podobě kolem roku 1960 prací na stovky, možná i tisíce let. A o její konečné úspěšnosti můžeme vést i nadále velmi bouřlivé debaty s nejednoznačným závěrem. Náprava v rovině společensko-ekonomické už ze své podstaty není možná, v této oblasti se můžeme spíše zcela reálně obávat i dalšího zhoršování situace.



## Použitá literatura

1. ANNUAL REVIEWS. *The Aral Sea Disaster* [online]. 2006 [cit. 2017-05-12]. Dostupné z WWW: <http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.earth.35.031306.140120?journalCode=earth>
2. BARTH, Peter. *Das Aralsee-Syndrom*. [online]. 2006 [cit. 2017-05-10]. Dostupný z WWW: [http://www.peterbarth.de/wasser\\_aral.html](http://www.peterbarth.de/wasser_aral.html)
3. BAUMGARTNER M., SPREAFICO M., WEISS H.W.: *Hydropower and conflicts over water in Central Asia, Mountains of the World, UN Commission on sustainable Development and its 2001 Spring Session, Mountain Agenda, University of Bern, Dept. Of Geography (Switzerland)*
4. BIČÍK I., ŠOBR M. (2016): Mrtvé srdce Střední Asie? *Geografické rozhledy*, 2016, roč. 25, s. 5–7.
5. Blogs of the European Geosciences Union. *Raising the Dead Sea*. [online]. 2002 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z WWW: <http://blogs.egu.eu/network/4degrees/2013/11/08/raising-the-dead-sea/>
6. Britannica ACADEMIC. *Aral Sea* [online]. 2015 [cit. 2017-05-11]. Dostupné z WWW: <http://academic.eb.com.ezproxy.techlib.cz/levels/collegiate/article/Aral-Sea/9184>
7. DOBROVOLNÝ, P. *Dlouhodobé změny jezerních pánví monitorované prostředky DPZ*. [online]. 2008 [cit. 2017-05-11]. Dostupné z WWW: [http://www.sci.muni.cz/~dobro/jezerni\\_panve.htm](http://www.sci.muni.cz/~dobro/jezerni_panve.htm)
8. DUKHOVNY V. A., SOKOLOV V. I.: *Integrated water resources management in the Aral sea basin* [online]. [cit. 2017-05-11]. Dostupné z WWW: [enrin.grida.no/htmls/araloe/wb/water.pdf](http://enrin.grida.no/htmls/araloe/wb/water.pdf)
9. DZHAMALOV R. G., ZEKTSEY I. S.: *Submarine Groundwater*. Taylor and Francis Group, Londýn 2007, 289-294S., GB1197.7Z435
10. Encyclopedia Britannica. *Aral sea*. [online]. 2017 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z WWW: <https://www.britannica.com/place/Aral-Sea>
11. Environmental Systems and Societies. *Recuding the Dead Sea?* [online]. 2014 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z WWW: <http://www.contentextra.com/bacconline/bacContentFiles/essFiles/MonthlyUpdates/pdfs/February-2014.pdf>
12. EWA: *European Water Association* [online]. 2008 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z WWW: <http://www.ewaonline.de/portale/ewa/ewa.nsf/home?readform>
13. EYEM, T. *Aralské jezero, příběh jedné tragédie* [online]. 2012 [cit. 2017-05-11]. Dostupné z WWW: <http://www.rozvojovka.cz/clanky/1157-aralske-jezero-pribeh-jedne-tragedie.htm>

14. International Journal of Environmental Quality. *The Geopolitical Dimension of Environmental Quality. Waters and Conflict in The Aral Sea Basin*[online]. 2009[cit. 2017-04-11]. Dostupné z WWW: <https://eqa.unibo.it/article/view/3812>
15. Journal of Eurasian Studies. *Nature–society linkages in the Aral Sea region*[online]. 2013[cit. 2017-04-10]. Dostupné z WWW: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187936651200022X>
16. LÉTOLLE R., MAINGUET M.: *Der Aralsee – eine ökologische Katastrophe*. Springer-Verlag, Berlin 1996, 517 S., ISBN 3-0540-58730-6
17. MICKLIN P., ALADIN N.V., PLOTNIKOV I.: *The Aral Sea- The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great Lake*. Springer-Heidelberg 2014, 453S. , ISBN 9783642023569
18. MICKLIN, P.; ALADIN, N., V. *Regenarace Aralského jezera*. [online]. 2010 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z WWW: [http://www.sciam.cz/files/vydani/SA\\_06\\_2008/cerven\\_cervenec\\_2008\\_aralske\\_jezero\\_web.pdf](http://www.sciam.cz/files/vydani/SA_06_2008/cerven_cervenec_2008_aralske_jezero_web.pdf)
19. Občasník živé literatury. *Další tvář ruského kolonialismu*. [online]. 2015[cit. 2017-04-10]. Dostupné z WWW: <http://itvar.cz/dalsi-tvar-ruskeho-kolonialismu/>
20. PÍŠKOVÁ, A. 2011. Aralské jezero. *Přírodovědecký časopis Vesmír*, 2011, roč. 90, č. 2, s. 82
21. Smithsonian Magazine. *The Dying of the Dead Sea*. [online]. 2005 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z WWW: <http://www.smithsonianmag.com/science-nature/the-dying-of-the-dead-sea-70079351/>
22. Technische Berguniversität Bergakademie Freiberg [online]. 2004 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z WWW: [http://www.geo.tu-freiberg.de/hydro/aral/aral\\_de/index.htm](http://www.geo.tu-freiberg.de/hydro/aral/aral_de/index.htm)
23. VLČKOVÁ, E., *Aralské jezero čeká na záchranu*. [online]. 2008 [cit. 2017-05-11]. Dostupné z WWW: <http://tech.ihned.cz/c1-25095920-jezero-aral-ceka-na-zachranu>
24. WGBU: *Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung* [online]. 2006 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z WWW: [http://www.wbgu.de/wbgu\\_jg2007\\_ex05.pdf](http://www.wbgu.de/wbgu_jg2007_ex05.pdf)
25. World Climate. *Climate Data for 46°N 61°E* [online]. 1996-2012[cit. 2017-05-11]. Dostupné z WWW: <http://www.worldclimate.com/cgi-bin/grid.pl?gr=N46E061>